

УДК 691.12

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

С.А. Романовский, А.А. Бакатович

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,

г. Новополоцк, Республика Беларусь

e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

Приведены основные характеристики теплоизоляционных материалов, содержащих льняные очесы. Предложено техническое решение по организации производства теплоизоляционных плит в виде схемы технологической линии с описанием последовательно выполняемых производственных операций.

Ключевые слова: очесы льна, утеплитель, эксплуатационные характеристики, производство.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF OBTAINING THERMAL INSULATION FROM PLANT RAW MATERIALS

S. Romanovskiy, A. Bakatovich

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus

e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

The main characteristics of heat-insulating materials containing flax noils are presented. A technical solution for organizing the production of heat-insulating boards is proposed in the form of a flow chart of a process line with a description of the sequentially performed production operations.

Keywords: flax noils, insulation, performance characteristics, production.

Введение. Производство эффективных теплоизоляционных материалов в условиях энергетического кризиса в мире является актуальным направлением экономического развития Беларуси. Получение и применение новых теплоизоляционных плит с высокими теплофизическими характеристиками позволит минимизировать тепловые потери и повысить термическое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, что будет способствовать экономии топливно-энергетических ресурсов.

В настоящее время на строительном рынке Беларуси наиболее распространенными теплоизоляционными материалами является тепловая изоляция на основе минеральных волокон. Спрос на минераловатные утеплители обоснован высокими теплотехническими показателями и доступностью цены. Основные теплотехнические и экономические показатели теплоизоляционных плит из минеральных волокон представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Теплотехнические и экономические показатели минераловатных утеплителей

Торговая марка	Стоимость 1 м ³ , руб.	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, (Вт/м ² С)	Ссылка
isover	195,1	70	0,038–0,04	[1]
технониколь	185	40	0,039	[2]
parok	132,96	35	0,04	[3]
белтеп	217	75	0,04–0,042	[4]

Не смотря на положительные свойства технологии производства теплоизоляционных плит на основе минеральных волокон имеют существенные отрицательные недостатки:

- значительный выброс углекислого газа при производстве теплоизоляционных материалов;
- использование невозполнимых источников сырья;
- неэкологичность компонентов тепловой изоляции.

Также стоит отметить, что стоимость минераловатных теплоизоляционных плит увеличивается с повышением средней плотности материала.

Основываясь на недостатках тепловой изоляции, содержащей минеральные волокна, разработка утеплителей с высокими теплотехническими характеристиками при одновременном соответствии экологической безопасности имеет первоочередное значение. Указанному ряду требований соответствуют теплоизоляционные плиты на основе структурообразующих материалов из отходов растительного происхождения. В таблице 2 приведены теплотехнические и экономические показатели теплоизоляционных материалов на основе волокон растительного сырья, представленные на строительном рынке Беларуси.

Таблица 2. – Теплотехнические и экономические показатели утеплителей из растительного сырья

Торговая марка	Структурообразующий материал	Стоимость 1 м ³ , руб.	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, (Вт/м°С)	Ссылка
акотерм флакс	льняные волокна	316,25	34	0,038–0,04	[5]
экопланета	льняные волокна	390,8	30	0,038–0,04	[6]
белтермо	волокна древесины	458,33	100	0,041	[7]
bauplit cocos	кокосовые волокна	420,06	30	0,04–0,042	[8]

Теплоизоляционные материалы из волокон растительного происхождения благодаря высоким теплофизическим свойствам и экологичности вызывают значительный интерес у потребителей, однако высокая стоимость, горючесть и отсутствие жесткости в связи с малой средней плотностью являются ограничивающими факторами применения рассматриваемой тепловой изоляции.

По данным причинам, инновационным и перспективным решением для получения теплоизоляционных плит, обеспечивающих высокие теплотехнические свойства, экологическую безопасность для человека и окружающей среды, а также имеющих более низкую стоимость по сравнению с аналогами, является использование в качестве структурообразующего материала тепловой изоляции отходов льняного производства – очесов льна.

Основываясь на указанных критериях, развитие производства утеплителей на растительном сырье с научно обоснованным подходом призвано обеспечить увеличение объемов «зеленого» строительства на всей территории нашей страны и привести к рациональному использованию отходов растениеводства.

Основная часть. Проанализировав ситуацию с неэффективным использованием льняных очесов [9] и выполнив комплекс экспериментальных исследований, предложено эффективное решение по применению льняных очесов в качестве структурообразующего материала при получении теплоизоляционных плит волокнистой структуры.

По результатам проведенных испытаний установлено, что при средней плотности 60–100 кг/м³ необходимый расход компонентов на 1 м³ для утеплителя на основе очесов льна и модифицированного жидкого стекла находится в следующих пределах: структурообразующий материал – 0,86–0,92 массовых долей, вяжущее – 0,08–0,14 массовых долей, добавки (известь и гипс) – 0,08–0,12 массовых долей в общем расходе вяжущего. Тепловая изоляция при варьировании компонентов в указанных диапазонах позволяет получать теплоизоляционные плиты, обеспечивающие коэффициент теплопроводности в пределах 0,035–0,04 Вт/(м°С).

По итогам испытаний сорбционной влажности эксикаторным методом установлено, что при относительной влажности воздуха 60–90% сорбционная влажность утеплителя из очесов льна равна 15–27%. При средней плотности 40–120 кг/м³ коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных плит, содержащих льняные очесы, находится в пределах от 0,34 до 0,41 мг/(м·ч·Па).

Натурные испытания теплоизоляционного материала подтвердили возможность применения плит на основе очесов льна как эффективного утеплителя для стен с устройством вентилируемой системой утепления, для стеновых ограждений деревянного каркасного дома и чердачных перекрытий [10–12].

По результатам испытаний в научно-практическом центре Гродненского областного управления МЧС установлено, что теплоизоляционные плиты относятся к группе горючести Г4 и к группе материалов с малой дымообразующей способностью Д1. Однако, в протоколе отмечается, что материал самостоятельно не горит, что указывает на меньшую опасность для здоровья и жизни человека в случае возникновения пожара в здании.

Основываясь на полученных экспериментальных данных физико-механических характеристик тепловой изоляции, а также результатах испытаний пожарной и санитарно-гигиенической экспертизы разработаны и зарегистрированы технические условия ТУ ВУ 300220696.062-2021 «Плиты теплоизоляционные из льняных очесов».

Теплоизоляционные материалы, содержащие очесы льна, рекомендуется применять для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений производственного, общественного назначения, жилых домов. Конструктивные решения с использованием теплоизоляционных плит успешно реализованы при возведении жилых частных домов. Теплоизоляционные материалы из льняных очесов для утепления ограждающих конструкций изготавливали с габаритными размерами 1000 × 500 ... 600 × 100 мм. В качестве примера приведено описание получения теплоизоляционной плиты размерами 1000 × 500 × 100 мм со средней плотностью 70 кг/м³.

- предварительно производится дозировка компонентов утеплителя:
 - из полотна шириной 1,6 м и толщиной 15 мм на основе очесов льна, предварительно изготовленного на льнозаводе, нарезается 13 слоев полотна размерами 1010 × 510 мм,
 - дозируются 1 кг натриевого жидкого стекла (в жидком состоянии) и по 0,025 кг извести и гипса;
- в жидкое стекло вводится известь и перемешивается при помощи миксера до однородной консистенции, далее вводится гипс и снова перемешивается;
- внутренние грани формы из ламинированной влагостойкой фанеры обрабатываются составом, снижающим адгезию;
- каждое полотно (масса 0,23 кг) из очесов льна укладывается в форму и по поверхности структурообразующего материала при помощи пульверизатора равномерно распределяется модифицированное вяжущее (масса 88 г);
- в течении 6 часов плиты выдерживаются в форме при температуре 20±2 °С и производится расплубливание;
- на протяжении 8 часов производится сушка теплоизоляционного материала в помещении при температуре воздуха 50 °С.

Приведенная технология получения теплоизоляционных плит из льняных очесов позволила изготавливать до 8 м² утеплителя в сутки. Себестоимость теплоизоляционного материала составила около 340 руб./м³. При этом, стоимость тепловой изоляции возможно уменьшить при соблюдении следующих условий:

- с точки зрения финансовых затрат на доставку структурообразующего материала к месту изготовления утеплителей из отходов растительного происхождения наилучшим вариантом является получение теплоизоляционных плит на основе льняных очесов на территории льнозаводов;
- для снижения стоимости натриевого жидкого стекла, наиболее экономически выгодным является производство жидкого стекла из силикат-глыбы непосредственно на предприятии;
- использование механизированной технологической линии по изготовлению теплоизоляционных плит на основе очесов льна.

Изучив технологии сбора урожая льна-долгунца и производства натриевого жидкого стекла, механизм структурообразования теплоизоляционного материала, предложено техническое решение по организации производства теплоизоляционных плит в виде схемы технологической линии (рисунок 1) с описанием последовательно выполняемых производственных операций.

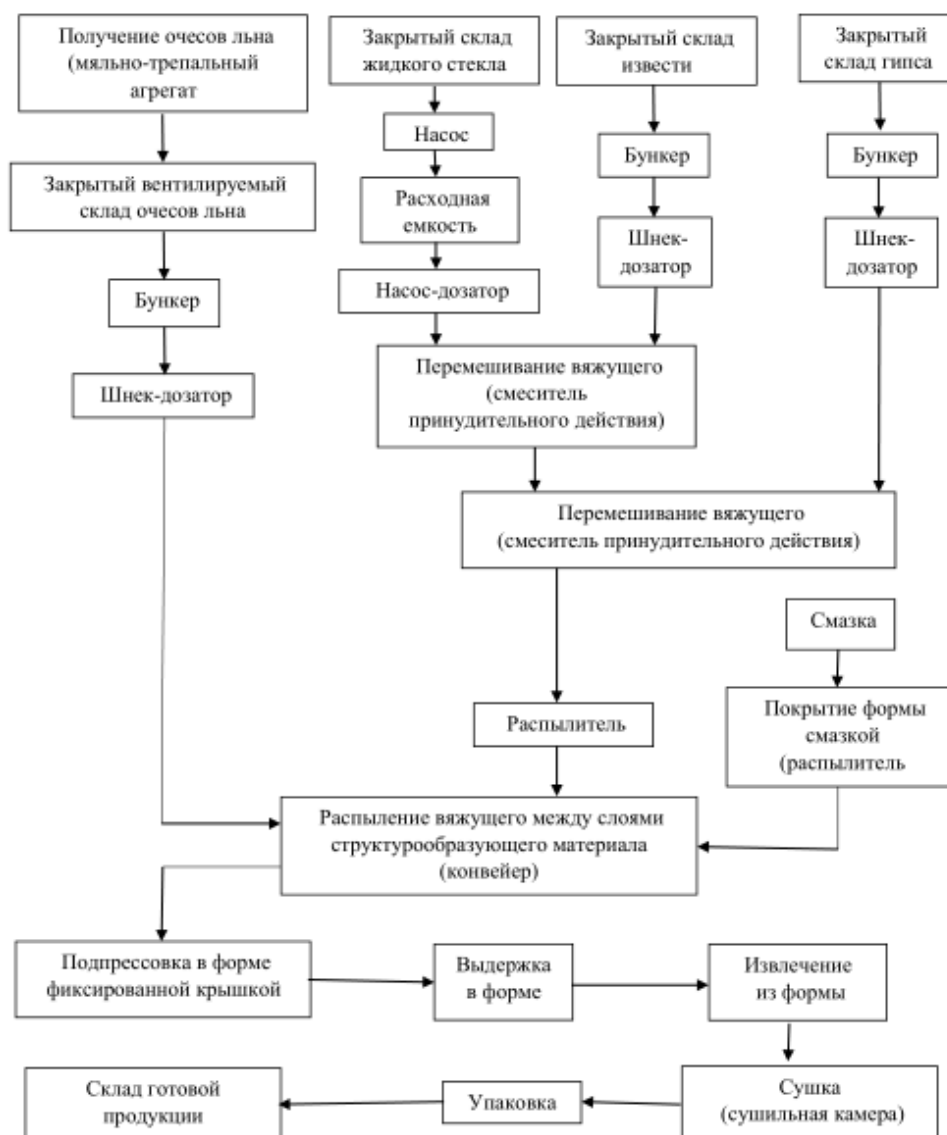


Рисунок 1. – Технологическая схема получения теплоизоляционных плит из очесов льна и модифицированного жидкого стекла

Предварительные расчеты получения теплоизоляционных плит на основе приведенной технологической линии позволили установить, что стоимость тепловой изоляции, содержащей льняные очесы, составляет 270 рублей.

Заключение. Приведенные физико-механические и эксплуатационные характеристики утеплителя из льняных очесов подтверждают эффективность использования очесов льна в качестве структурообразующего материала для получения теплоизоляционных плит.

Рассмотренная технология по изготовлению тепловой изоляции из очесов позволит выпускать теплоизоляционные плиты, имеющие на 10–25% более низкую стоимость за 1 м³ по сравнению с плитами из льняных волокон известных торговых марок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Утеплитель ISOVER Венти Оптимал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://twowin.ru/product/teploizolyaciya-isover-venti-optimal-1006001000-3sht-18m2-018m3/?ysclid=m42l3ioqa4531727687> – Дата доступа: 01.11.2024.
2. Базальтовый утеплитель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brest.pulscen.by/products/bazaltovy_uteplitel_roklayt_1200_600_100_mm_6_plit_0_432_m_ku_b_rf_199309152 – Дата доступа: 01.11.2024.
3. Каменная вата парок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vitebsk.pulscen.by/products/kamennaya_vata_paroc_extra_100_mm_610kh1220_0_595_m3_25_1103567 – Дата доступа: 01.11.2024.
4. Утеплитель Белтеп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.pulscen.by/products/uteplitel_beltep_vent_50_beltep_248525063 – Дата доступа: 01.11.2024.
5. Теплоизоляция из льна Акотерм Флакс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minsk.pulscen.by/products/teploizolyatsiya_iz_lna_akoterm_flax_1000_600_50mm_68360198 – Дата доступа: 01.11.2024.
6. Льняной утеплитель Экопланета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ozon.by/product/lnyanoy-uteplitel-ekoplaneta-50-mm-709249004/?ysclid=m42luv5xbz516234590> – Дата доступа: 01.11.2024.
7. Теплоизоляционные плиты белтермо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://beltermo-plita.by/?ysclid=m42lw2ro5i475767921> – Дата доступа: 01.11.2024.
8. Bauplit cocos – натуральный утеплитель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ekaterinburg.regorg.ru/goods/t305581-bauplit_cocos_naturalnyj_uteplitel.htm – Дата доступа: 01.11.2024.
9. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В.А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
10. Романовский, С.А. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе волокон растительного происхождения / С.А. Романовский // Вестник Белгородского государственного технологического университета им В.Г. Шухова. – 2022. – Том 7. – № 1. – С. 31–43. – DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-1-31-43.
11. Romanovskiy, S.A. Physical parameters of insulation with a structure-forming material from flax noils / E3S Web of Conferences 212, 02014 126 (2020), 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) : doi.org/10.1051/e3sconf/2020212020_14.
12. Романовский, С. А. Ограждающие стеновые конструкции эксплуатируемых жилых зданий с применением теплоизоляционных плит из льняных очесов / С. А. Романовский, А. А. Бакатович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2023. – № 3 (35). – С. 48–54. – DOI: 10.52928/2070-1683-2023-35-3-48-54